

С.В. Гарна, П.П. Ветров, В.А. Георгіянц

Взаємозв'язок основних технологічних параметрів рослинної сировини

Національний фармацевтичний університет, м. Харків

Ключові слова: лікарська рослинна сировина, технологічні параметри, екстракція.

Ключевые слова: лекарственное растительное сырье, технологические параметры, экстракция.

Key words: plant raw materials, technological parameters, extraction.

Проведено технологічні дослідження, що дозволяють вивчити основні фактори, що впливають на процес екстракції, та виявити шляхи її інтенсифікації. Визначено основні технологічні параметри різних видів рослинної сировини та встановлено їх взаємозв'язок з різними технологічними процесами. Теоретично виведено формулу коефіцієнта зростання питомої поверхні часток рослинної сировини при подрібненні методом удару та наступному вальцюванні.

Проведены технологические исследования, позволяющие изучить основные факторы, влияющие на процесс экстракции и выявить пути ее интенсификации. Определены основные технологические параметры различных видов растительного сырья и установлена их взаимосвязь с некоторыми технологическими процессами. Теоретически выведена формула коэффициента увеличения удельной поверхности частиц растительного сырья при измельчении ударным методом с последующим вальцеванием.

Technological researches, allowing to study the basic factors, influencing on the process of extraction and to expose the ways of its intensification were conducted. The basic technological parameters of different types of plant raw material are determined and their correlation with some technological processes is set. In theory the formula of coefficient of increasing of the specific surface of particles of plant raw material is shown out at grinding down a shock method with the subsequent roll-forming.

У медичній практиці широке розповсюдження отримали фітохімічні лікарські засоби, що виявляють високу терапевтичну дію й характеризуються багатьма позитивними властивостями (можливість тривалого використання, низька токсичність, відсутність побічних дій та алергічних реакцій, менше звикання тощо).

Основною стадією отримання лікарських засобів на основі природних сполук є екстрагування рослинної сировини, що визначається основними законами масообміну, властивостями рослинного матеріалу, фізико-хімічними властивостями екстрагенту та біологічно активних речовин, що вилучаються з лікарських рослин.

При розробці фітохімічних препаратів основним завданням є забезпечення максимального виходу діючих речовин. Успішне вирішення цього завдання великою мірою залежить від того, наскільки будуть враховані всі фактори, що впливають на ефективність процесу екстракції. Дослідження коефіцієнтів масообміну та факторів, що впливають на них, мають принципове значення для створення оптимального процесу виділення біологічно активних речовин [4,6,7].

Мета роботи

Вивчення основних технологічних параметрів рослинної сировини та їх взаємозв'язку, встановлення залежності між площею поверхні контакту фаз, коефіцієнтом вимивання та діаметром часток, виведення формули коефіцієнта зростання питомої поверхні часток рослинної сировини при подрібненні комбінованим способом.

Матеріали і методи дослідження

При розробці технології виробництва фітохімічних препаратів дуже важливим є вивчення основних технологічних параметрів рослинної сировини, що необхідні при розрахунках засобів транспортування, подрібнення, дозування, завантаження та вивантаження сировини, розрахунку процесу екстракції та співвідношення фаз, встановленні витратних норм основної та допоміжної сировини, виборі оптимальних апаратурних схем виробництва.

До основних технологічних параметрів рослинної сировини належать вологість, вміст екстрактивних речовин, питома, насипна та об'ємна густина, пористість, нарізність, вільний об'єм шару сировини, величина та поверхня часток рослинної тканини, плинність, кут природного укосу, швидкість і величина набухання сировини, поглинання сировиною екстрагенту, коефіцієнт вимивання, коефіцієнт дифузії речовин всередині сировини тощо.

Питома, насипна та об'ємна густина дозволяють визначити пористість, нарізність і вільний об'єм шару, що дає можливість встановити необхідні співвідношення сировини та екстрагенту.

Питома густина являє собою відношення маси абсолютно сухої сировини до об'єму рослинної тканини. Об'ємну густину визначають як відношення маси не подрібненої сировини з природною або наведеною вологістю до її повного об'єму, що вміщує пори, щілини, капіляри, наповнені повітрям. Насипна густина є відношенням маси подрібненої сировини з природною або наведеною вологістю до її повного об'єму, що займає сировина разом з порами часток і вільним об'ємом між

ними. Величини насипної та об'ємної густини можуть суттєво змінюватись залежно від біологічних особливостей рослинного матеріалу, різного ступеня подрібнення сировини, його запресування тощо.

Пористість сировини вказує на величину внутрішнього вільного простору часток сировини та, як правило, задовільно узгоджується з поглинанням сировини.

Нарізність визначає величину вільного простору між частинами рослинного матеріалу. При набуханні сировини відбувається збільшення розміру часток; якщо висота шару сировини незначна, нарізність також збільшуватиметься, а при значній висоті за рахунок запресування – зменшуватиметься. Величина нарізності змінюватиметься залежно від способу та ступеня подрібнення сировини.

Вільний об'єм шару сировини означає відносний об'єм вільного простору в одиниці сировинного матеріалу (внутрішній вільний простір часток та між частками).

Подрібненість сировини характеризується розміром, питомою поверхнею часток і ступенем зруйнованості тканини, дає можливість оцінити якість підготовки рослинної сировини до екстракції та розрахувати константи масопередачі.

Плинність і кут природного укусу характеризують рухомість сировини і враховуються при транспортуванні, дозуванні, завантаженні та вивантаженні рослинної сировини [6].

Раніше систематизовано відомості про технологічні параметри рослинної сировини, наведено відомі та видозмінені методики їх визначення [2]. Згідно до цих методик визначено основні технологічні параметри досліджуваної лікарської рослинної сировини.

Результати та їх обговорення

У таблиці 1 наведено результати визначення основних технологічних параметрів деяких видів рослинної сировини.

Технологічні дослідження дозволяють вивчити основні фактори, що впливають на процес екстракції, та виявити шляхи її інтенсифікації. Одним з найбільш

доступних способів інтенсифікації процесу екстракції та збільшення поверхні контакту фаз є подрібнення сировини, що дозволяє значно зменшити тривалість екстрагування [1,5,8].

Процес масопередачі при екстракції описує основне рівняння Фіка:

$$\frac{dM}{D\tau} = D \cdot F \cdot \frac{dc}{dx} ,$$

де М – маса речовин, вилучених в процесі дифузії, кг;

D – коефіцієнт дифузії речовин в екстрагенті, кг/м·с;

F – поверхня масообміну, м²;

τ – час масопередачі, с;

x – шлях дифузії, м;

c – концентрація речовин в екстрагенті в даній точці дифузійного шляху, мас. %.

Очевидно, що зі збільшенням поверхні при незмінних останніх величинах швидкість екстракції також збільшуватиметься. Існуючі методики визначення питомої поверхні контакту фаз мають ряд недоліків (спеціальне обладнання, складні розрахунки тощо). Тому виникла необхідність використання інших характеристик подрібненої сировини для розробки простішого та практичнішого способу визначення питомої поверхні контакту фаз. Метою такого дослідження є встановлення залежності між коефіцієнтом вимивання В, поверхнею контакту фаз F і діаметром часток подрібненої сировини d. При цьому допускали, що екстрактивні речовини рівномірно розподілені по об'єму твердої фази. Об'єктами досліджень обрано сухі вичавки плодів аронії чорноплідної та насіння томатів. Попередньо сировину подрібнювали та розділяли на фракції. Подрібнені сухі вичавки плодів аронії чорноплідної екстрагували гарячою водою, а насіння томатів – дифлуоридхлорометаном (хладон-22), з відбором проб для аналізу вмісту екстрактивних речовин через певні проміжки часу. Коефіцієнт вимивання В визначали за відомою методикою [6].

Таблиця 1

Результати визначення основних технологічних параметрів лікарської рослинної сировини

Технологічні параметри	Квітки нагідок	Листя м'яти	Трава звіробою	Насіння томатів	Плоди глоду	Кореневища з коренями валеріани
Вологість сировини, %	6–8	8–10	8–10	5–7	12–14	6–8
Середній розмір часток, см	0,055	0,041	0,058	0,040	0,034	0,035
Питома густина, г/см ³	1,4485	1,5362	1,3744	1,2923	1,3511	1,3693
Насипна густина, г/см ³	0,2514	0,3108	0,3269	0,2775	0,3788	0,3267
Об'ємна густина, г/см ³	0,7146	0,6817	0,6455	1,0526	0,8107	0,6832
Пористість сировини	0,5067	0,5563	0,5304	0,1855	0,4000	0,5011
Нарізність шару	0,6482	0,5441	0,4936	0,7364	0,5328	0,5218
Вільний об'єм шару	0,8265	0,7977	0,7622	0,7853	0,7197	0,7615
Питома поверхня часток, см ² /г	274,33	297,67	200,06	341,73	294,52	331,73

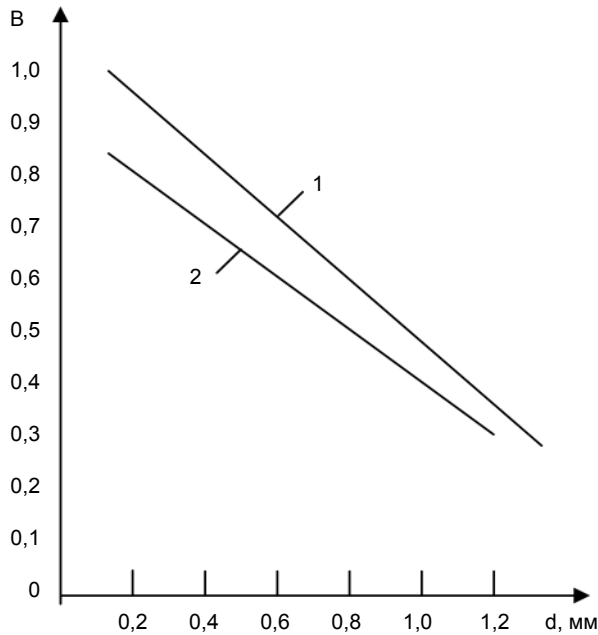


Рис. 1. Залежність коефіцієнта вимивання V від діаметра часток d . Примітки: 1 – насіння томатів, 2 – вичавки плодів аронії чорноплідної.

На рис. 1 наведено графічну залежність коефіцієнта вимивання від діаметра часток $V=f(d)$. Криву залежності поверхні одиниці об'єму часток від їх діаметра $F=f(d)$ отримано розрахунковим шляхом і наведено на рис. 2.

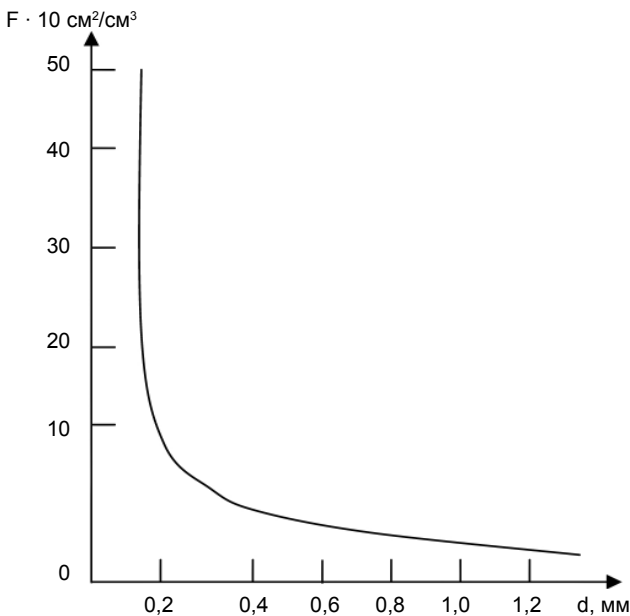


Рис. 2. Залежність питомої поверхні подрібненої рослинної сировини F від діаметра часток d .

Експериментальна перевірка цієї залежності показала її задовільний збіг з розрахунком (форма часток – куля). Аналізуючи залежності $V=f(d)$ і $F=f(d)$, що мають єдиний параметр (діаметр часток), можна визначити залежність поверхні контакту фаз від коефіцієнта вимивання $F=f(V)$, що наведено на рис. 3.

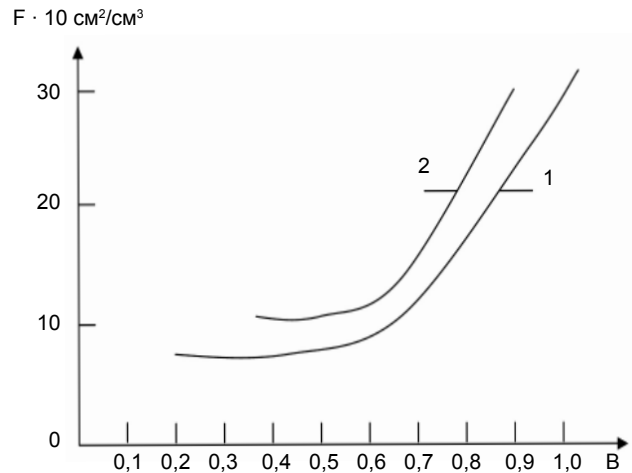


Рис. 3. Залежність питомої поверхні подрібненої рослинної сировини F від коефіцієнта вимивання V . Примітки: 1 – насіння томатів, 2 – вичавки плодів аронії чорноплідної.

Отже, отримавши коефіцієнт вимивання з кривої екстракції, можна визначити поверхню контакту фаз не проводячи безпосередніх вимірювань.

Якщо поверхню контакту фаз подрібненої рослинної сировини та коефіцієнт вимивання визначено через залежність $F=f(V)$, можна встановити один з важливих технологічних параметрів – час швидкої екстракції, який при високому ступені зруйнованості тканини може бути тривалістю всього процесу екстракції.

Попередніми дослідженнями [5] встановлено, що найбільший ступінь зруйнованості рослинного матеріалу забезпечується комбінованим способом подрібнення (спочатку подрібнювачі ударного типу, а потім вальцювання). На наш погляд, цікавим було б встановити, як зростатиме питома поверхня подрібненої рослинної сировини при наступному вальцюванні, тобто коефіцієнт її збільшення.

Припустимо, що більшість часток подрібненої рослинної сировини мають вигляд циліндрів, а після вальцювання – пластини.

Після вальцювання вага сировини не змінюється і визначається за формулою:

$$G = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \ell \cdot \rho,$$

де ρ – щільність, $г/см^3$,

ℓ – довжина частки, $см$.

Поверхня циліндра та пластини визначаються за формулою відповідно:

$$F_0 = \pi \cdot d \cdot \ell$$

$$F = 2(a + b) \cdot \ell$$

де a – товщина пластини, $см$,

b – ширина пластини, $см$.

Питома поверхня циліндра визначається за формулою:

$$S_0 = \frac{F_0}{G} = \frac{\pi \cdot d \cdot \ell \cdot 4}{\pi \cdot d^2 \cdot \ell \cdot \rho} = \frac{4}{d \cdot \rho}$$

Питома поверхня пластини визначається за формулою:

$$S = \frac{F}{G} = \frac{2(a+b) \cdot \ell \cdot 4}{\pi \cdot d^2 \cdot \ell \cdot \rho} = \frac{8(a+b)}{\pi \cdot d^2 \cdot \rho}$$

Якщо b виразити через d та допустити, що $\pi \cdot d^2/4 = a \cdot b$, то

$$b = \frac{\pi \cdot d^2}{4a}$$

Підставивши значення b у рівняння питомої поверхні пластини отримали:

$$S = \frac{8}{\pi \cdot d^2 \cdot \rho} \left(a + \frac{\pi \cdot d^2}{4a} \right) = \frac{8a}{\pi \cdot d^2 \cdot \rho} + \frac{8 \pi \cdot d^2}{\pi \cdot d^2 \cdot \rho \cdot 4a} = \frac{8a}{\pi \cdot d^2 \cdot \rho} + \frac{2}{a \cdot \rho}$$

Тепер, коли відома питома поверхня пластини та циліндра, можна визначити коефіцієнт її зростання після вальцювання:

$$K = \frac{S}{S_0} = \frac{F \cdot G}{F_0 \cdot G_0} = \frac{F}{F_0} = \frac{2(a+b) \cdot \ell}{\pi \cdot d \cdot \ell} = \frac{2(a+b)}{\pi \cdot d} = \frac{2a + 2 \pi \cdot d^2/4a}{\pi \cdot d} = \frac{2a}{\pi \cdot d} + \frac{d}{2a}$$

Після апроксимації отримуємо:

$$K = 0,447 \frac{d}{a} + 0,43$$

Отже, виведений коефіцієнт показує у скільки разів збільшилась питома поверхня часток подрібненої рослинної сировини після насупного вальцювання.

Висновки

1. Визначено основні технологічні параметри різних видів рослинної сировини: насіння томатів, кореневищ з коренями валеріани, квітів нагідок, листя м'яти, плодів глоду, трави звіробою.

2. Встановлено взаємозв'язок технологічних параметрів з процесами подрібнення, екстрагування, транспортування, дозування та їх розрахунками.

3. Встановлено залежності між площею поверхні контакту фаз, коефіцієнтом вимивання та діаметром часток, що дозволяють визначити ступінь зруйнованості рослинної сировини і організацію або підхід до проведення процесу екстрагування рослинної сировини.

4. Теоретично виведено формулу коефіцієнта зростання питомої поверхні часток рослинної сировини при подрібненні методом удару та наступному вальцюванні.

Список літератури

1. Белобородов В.В. Методы расчета процесса экстракции растительных масел / Белобородов В.В. – М.: Пищепромиздат, 1960. – 116 с.
2. Ветров П.П. Технологічні параметри рослинної сировини / П.П. Ветров, С.В. Гарна, С.О. Прокопенко, О.В. Кучер // Фармац. журнал. – 1987. – №3. – С. 52–56.
3. Ветров П.П. Технология комплексной переработки лекарственного растительного сырья / П.П. Ветров, С.В. Гарная, А.И. Русинов // Фітотерапія. Часопис. – 2005. – №4. – С. 59–62.
4. Ветров П.П. Фитохимическое производство и пути повышения его эффективности / П.П. Ветров, А.П. Прокопенко, С.В. Гарная, Т.Д. Носовская, А.И. Русинов // Технология и стандартизация лекарств. Сб. научн. Труд. – Х.: ООО «РИРЕГ», 2000. – С. 475–488.
5. Гарна С.В. Оптимізація технології екстракції ліпофільних комплексів з лікарської рослинної сировини. Повідомлення III, Подрібнення рослинної сировини та оцінка її якості для екстрагування / С.В. Гарна, П.П. Ветров, О.І. Русинов, В.А. Георгіянц // Запорожский медицинский журнал. – 2011. – №1. – С. 55–57.
6. Пономарев В.Д. Экстрагирование лекарственного сырья / В.Д. Пономарев – М.: Медицина, 1976. – 202 с.
7. Минина С.А. Химия и технология фитопрепаратов / С.А. Минина, И.Е. Каухова – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2004. – 560 с.
8. Молчанов Г.И. Интенсивная обработка лекарственного сырья / Г.И. Молчанов. – М.: Медицина, 1981. – 208 с.

Відомості про авторів:

Гарна С.В., к. фарм. н., доцент, зав. каф. якості, стандартизації та сертифікації ліків НФаУ.

Ветров П.П., к. фарм. н., ст. н. с. НФаУ.

Георгіянц В.А., д. фарм. н., професор, зав. каф. фармацевтичної хімії НФаУ.

Адреса для листування:

Гарна Світлана Василівна. 61166, м. Харків, вул. Леніна, б. 1, кв. 112.

E-mail: garnaya57@mail.ru.

Надійшла в редакцію 7.10.2011 р.